



HR Wallingford
Working with water

HRPP 477

Modélisation de l'évacuation, des morts et des blessés pour les inondations de 1953 à Canvey Island dans l'estuaire de la Tamise

D.M. Lumbroso

Reproduced from a paper presented at:
Seventh Colloque Géorisque
Montpellier, France,
January 2011



MODELISATION DE L'EVACUATION, DES MORTS ET DES BLESSES POUR LES INONDATIONS DE 1953 A CANVEY ISLAND DANS L'ESTUAIRE DE LA TAMISE

THE MODELLING OF EVACUATION AND LOSS OF LIFE FOR THE FLOODING OF CANVEY ISLAND IN THE THAMES ESTUARY IN 1953

D. Lumbroso

*HR Wallingford, Howbery Park, Wallingford, Oxfordshire OX10 8BA, UK
Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des
Réseaux, Centre de Nantes, 44341 Bouguenais, France*

Key Words

French: Modélisation de l'évacuation ; pertes humaines; inondations de 1953

English: 1953 floods ; loss of life; evacuation modelling

Abstract

French: Canvey Island est une île située dans l'estuaire de la Tamise au sud-est de l'Angleterre. Le terrain s'élève en moyenne à un mètre au dessus du niveau moyen de la marée haute. Un réseau de digues protège Canvey Island contre les inondations marines. En 1953, l'île a été inondée par « La Grande Inondation de la Mer du Nord ». Cinquante-huit personnes sont décédées. Un modèle hydraulique a été élaboré pour simuler la submersion de l'île en 1953. Un second modèle a été proposé pour estimer le nombre de morts. Ce modèle s'appelle « Life Safety Model » (Modèle de Sécurité de la Vie). Le « Life Safety Model » repose sur une modélisation des personnes, des véhicules et des bâtiments. Le but des recherches était d'améliorer la compréhension de l'événement de 1953 et d'analyser les conséquences des ruptures des digues, notamment sur le taux de mortalité et de blessé. Ces travaux ont montré qu'une modélisation et une simulation « multi-agents » fournissent des méthodes scientifiquement robustes pour déterminer le nombre de personnes blessées et décédées lors d'une grande inondation.

English: Canvey Island is located in the Thames Estuary in the south-east of England. The average level of the land is one metre below the high tide level. Canvey Island is protected from floods by a network of dikes. In 1953 the island was inundated by the "Great North Sea Flood". Fifty-eight people were killed. A hydraulic model was constructed to simulate the flood. Another model called the Life Safety Model was set up to estimate the number of deaths. The Life Safety Model models people, vehicles and buildings. The goal of the research was to improve the understanding of the 1953 event and to analyse the consequences of a failure of the flood defences. The research has shown that a multi-agent model provides a scientifically robust method to determine the number of people injured and killed in a large flood.

1 Introduction

Canvey Island est une île située près de Londres au nord de l'estuaire de la Tamise dans le comté d'Essex (sud-est de l'Angleterre). Sa superficie est de 18.45 km². L'emplacement de Canvey Island est représenté sur la Figure 1. L'altitude moyenne des terrains est à environ un mètre au dessus du niveau moyen de la marée haute. Un réseau de digues protège Canvey Island contre les inondations marines. En 1953, l'île a été inondée par « La Grande Inondation de la Mer du Nord ». Cette inondation a été provoquée par une surcôte de tempête d'une ampleur extrême. Plusieurs digues ont été rompues. Cinquante-huit personnes sont mortes et trois cents habitations ont été détruites. Dans le cadre du projet FLOODsite, financé par la Commission Européenne, une modélisation de l'inondation de 1953 a été réalisée. Un modèle hydraulique a été élaboré pour simuler la submersion de l'île. Un autre modèle a été proposé pour estimer le nombre de morts et de blessés. Ce modèle s'appelle « Life Safety Model » (Modèle de Sécurité de la Vie). Les objectifs de ces recherches sont :

- améliorer la compréhension de l'événement de 1953 ;
- analyser les conséquences des ruptures des digues, notamment le taux de mortalité et de blessés ;
- évaluer les résultats des pertes humaines fournis par une « simulation multi-agents » (i.e. des personnes, des véhicules et des bâtiments) ;
- estimer le temps pour évacuer l'île.

2 La « Grande Inondation de la Mer du Nord » en 1953

La « Grande Inondation de la Mer du Nord » a été l'une des plus meurtrières qu'ait connue l'Angleterre. Trois cents-sept personnes sont décédées dont 58 personnes à Canvey Island. Le premier février 1953 une surcote marine générée par une tempête, a coïncidé avec une marée haute et une pression atmosphérique basse. La surcote marine a frappé Canvey Island vers une heure du matin et le réseau de digues a commencé à se briser en plusieurs endroits. En 1953, 5200 maisons existaient sur Canvey Island (Lumbroso et Di Mauro, 2008). La Figure 2 montre une photo de l'inondation prise une semaine après l'inondation.

3 La modélisation de Canvey Island en 1953

3.1 Introduction

Pour modéliser l'inondation de Canvey Island de 1953, une analyse historique était nécessaire pour comprendre le contexte de l'époque. Les sources d'informations utilisées comprennent :

- des cartes historiques de l'île
- des articles de journaux publiés en 1953
- des rapports de police de 1953
- des informations des archives historiques
- des résultats de la modélisation physique de l'estuaire de la Tamise en 1954.

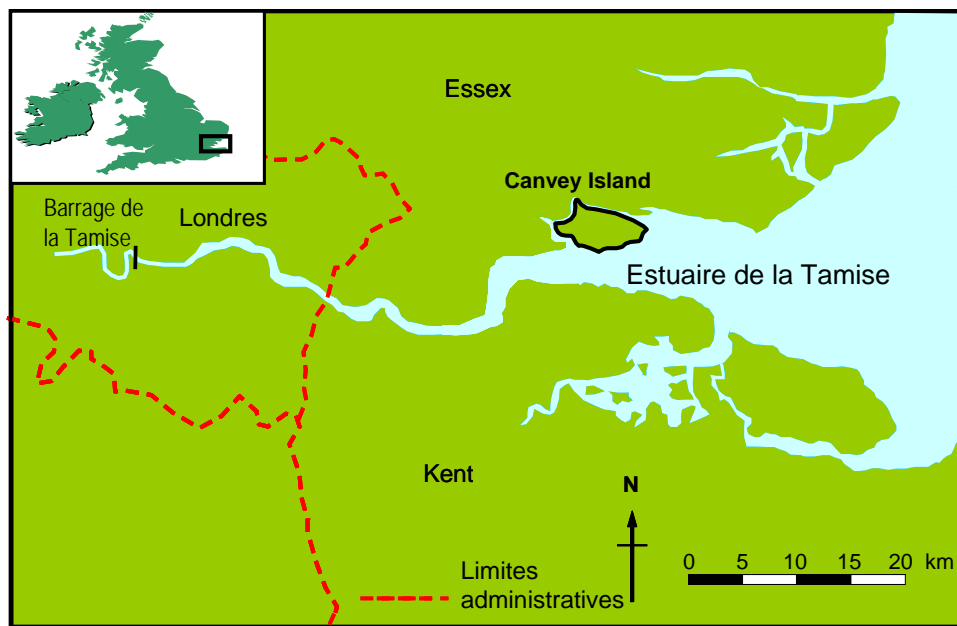


Figure 1 L'emplacement de Canvey Island



Figure 2 Une photo de Canvey Island une semaine après l'inondation

Ces informations ont servi pour évaluer la hauteur et l'emplacement des digues en 1953; produire un modèle numérique de terrain ; reconstituer la forme de la marée; estimer le volume des eaux de crue ; et établir le nombre et la localisation des personnes en 1953.

La modélisation a été réalisée en deux étapes :

- (i) Modèle hydraulique à deux dimensions pour estimer les profondeurs et les vitesses des eaux de la crue
- (ii) Une modélisation des pertes humaines réalisée avec un modèle « multi-agents dynamiques » qui s'appelle le Life Safety Model.

3.2 La modélisation hydraulique de l'inondation en 1953

Un modèle hydraulique bidimensionnel aux différences finies a été réalisé sur Canvey Island avec le logiciel TUFLOW. Les journaux et les rapports de la police de février 1953 montrent que le niveau de la surcote le plus élevé a été atteint entre 1H00 et 1H30 du matin. Ce niveau était de 4,6 mètres. Pour développer le modèle hydraulique les emplacements des brèches des digues ont dû être établis. La principale source d'information sur l'emplacement des brèches a été retrouvée dans un article écrit en 1954 par Allen et al (Allen et al, 1954). Ce document présente les dimensions des brèches et montre également leurs positions approximatives sur une carte. Les brèches ont été représentées dans le modèle hydraulique par deux ouvertures dans les digues de 100 m et 140 m de largeur. La topographie de Canvey Island a été numérisée dans une grille de 20 x 20 m dans le modèle hydraulique. Les chercheurs, Allan et al, ont constaté que le volume des eaux qui est entré dans Canvey Island était d'environ 11,7 millions m³ (Allen et al, 1954). Ces données ont été utilisées pour valider le modèle hydraulique. Une valeur de rugosité de Manning's $n = 0,05$ a été testée. Cependant avec cette rugosité le modèle a produit un volume d'eau de 16 million m³. La valeur de la rugosité a ainsi été augmentée jusqu'à $n = 0,25$ pour tenir compte des bâtiments et des autres obstacles sur l'île. Pour cette valeur le volume d'eau modélisé, en 1953, était de 12,6 millions. Le modèle hydraulique a indiqué que les profondeurs des eaux étaient de 2 m à 3 m près des brèches. La profondeur moyenne de l'eau sur l'île a été 1 m. La plus haute vitesse des eaux était 1,5 m/s. Les résultats des profondeurs et des vitesses des eaux ont été utilisés par le Life Safety Model.

4 La modélisation des pertes humaines en 1953

4.1 Introduction

Jusqu'à récemment, les méthodes d'évaluation des pertes humaines pour les inondations étaient basées sur des méthodes empiriques, souvent fondées sur des expériences relativement limitées ou des événements historiques. Pour estimer plus précisément des pertes humaines il est nécessaire d'utiliser une méthode scientifiquement solide fondée sur des équations physiques (par exemple les relations physiques entre la stabilité des personnes, les vitesses et les profondeurs des eaux de crue). Actuellement HR Wallingford est en train de réaliser une autre élaboration du Life Safety model. Le Life Safety Model était développé à l'origine par BC Hydro au Canada et a été utilisé pour estimer les pertes humaines pour l'inondation de 1953 à Canvey Island.

Le but du Life Safety Model est de développer une approche qui offre la possibilité de simuler des personnes, des véhicules et des bâtiments dans la plaine inondable et leurs interactions avec l'onde de crue. Cela a conduit à l'élaboration d'un simulateur « multi-agents » qui permet d'évaluer le comportement de chaque « agent » dans la zone inondable. Un système multi-agents est un système composé d'un ensemble d'agents, (dans ce cas des personnes, des véhicules et des bâtiments), situés dans un certain environnement et interagissant selon certaines relations. Un agent est une entité caractérisée par le fait qu'elle est, au moins partiellement, autonome. Le Life Safety Model utilise les résultats de logiciels commerciaux (par exemple TELEMAC-2D, TuFlow) fondé sur des modèles hydrauliques à deux dimensions et les couple avec un simulateur qui modélise l'interaction des personnes, bâtiments et véhicules avec l'inondation dans un Système d'Information Géographique (SIG).

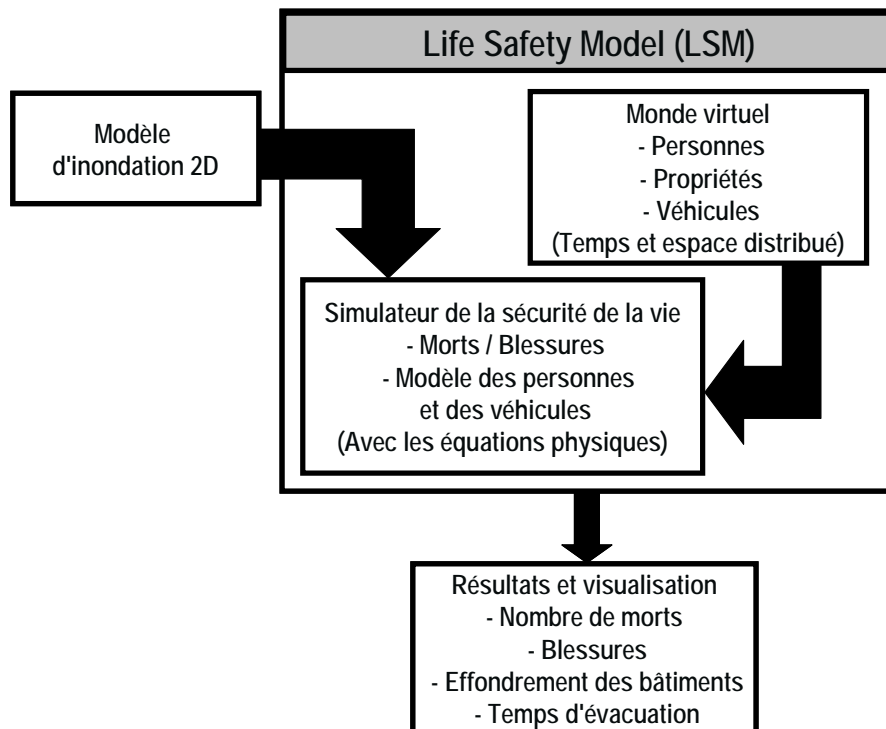
Le Life Safety Model utilise des données qui comprennent :

- les localisations des personnes, des véhicules et des bâtiments (géo-référencé)
- les données démographiques (par exemple les âges et le sexe des personnes)
- les profondeurs et les vitesses de l'inondation fournies par modèle hydraulique à deux dimensions
- le réseau routier et le réseau de sentiers.

La Figure 3 montre les composantes du Life Safety Model. La plus importante composante du Life Safety Model est le simulateur de sécurité de la vie qui comprend :

- (i) Un état initial du «monde virtuel » dans le modèle. Cette composante décrit la position initiale et le nombre d'individus, les groupes de personnes, les types de bâtiments, les véhicules, les routes, les refuges et les centres d'alerte ;
- (ii) Les résultats des profondeurs et des vitesses du modèle hydraulique de l'inondation à un pas de temps approprié pendant la durée de l'événement.

Les résultats du simulateur comprennent une estimation des pertes humaines et une visualisation dynamique sur un ordinateur.



(Johnstone et al, 2005)

Figure 3 Le Life Safety Model – Le processus de modélisation

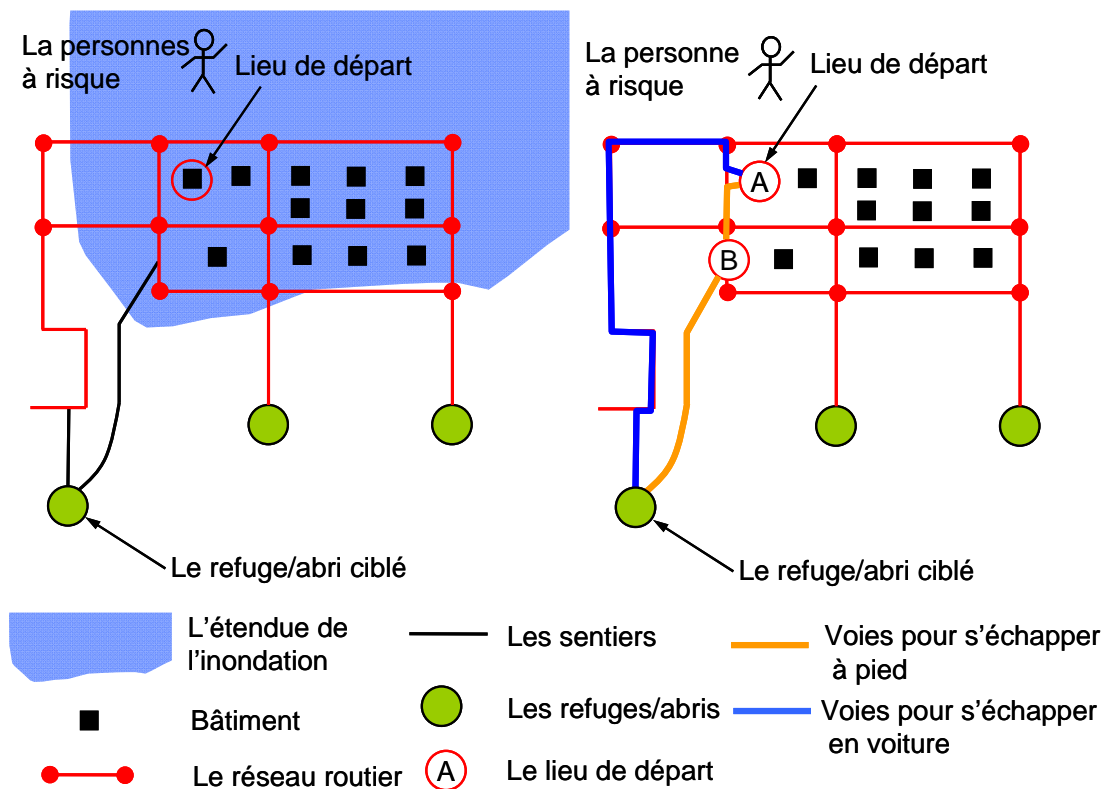
Le Life Safety Model a plusieurs avantages. Il permet :

- une interaction dynamique entre les personnes, les véhicules, les bâtiments et l'inondation
- des estimations des pertes humaines par:
 - noyade
 - épuisement
 - effondrement de bâtiment

- les véhicules emportés par les inondations ;
- une estimation des effets des interventions (par exemple les fermetures de routes, le nombre et l'emplacement des refuges, la diffusion des alertes) sur le temps d'évacuation et les risques pour les personnes.

La Figure 4 illustre comment les caractéristiques spécifiques d'un scénario de l'inondation et les individus, (qui s'appellent la Population A Risque Unités (PARUS)), peuvent avoir un impact sur leur survie ou leur «destin». Par exemple une personne peut choisir soit de quitter le Point A en voiture, (la route bleue sur la Figure 4) ; soit encore de prendre une route plus directe à pied (la route orange sur la Figure 4), ou encore de se réfugier dans sa maison (point A). #

A partir de l'exemple de la Figure 4 plusieurs possibilités existent (i) si la personne prend sa voiture elle réussit à échapper à l'inondation. Par contre si elle décide de partir à pied elle est submergée par les inondations au point B. (ii) Si le bâtiment dans laquelle la personne est réfugiée est détruit par les inondations, l'individu ne survit pas. (iii) Dans un autre scénario la congestion des routes peut diminuer l'intérêt des véhicules pour l'évacuation. L'avantage du Life Safety Model réside dans des scénarios spécifiques pouvant être modélisés de manière dynamique et évalués.



(Johnstone et al, 2005)

Figure 4 Comment le choix d'une voie d'évacuation d'une personne peut avoir un impact sur leur survie

Comme la crue évolue, l'interaction des gens avec l'onde de crue affectera les pertes humaines. Les décisions prises par les personnes permettront de déterminer si elles s'échapperont ou pas. Plus les eaux avancent plus les routes sont bloquées. Le Life Safety Model tient ainsi compte:

- de la position des personnes
- des interactions des personnes durant l'évacuation

- de la résistance des gens à l'eau
- de la solidité des bâtiments et des voitures
- de la capacité du réseau routier.

4.2 Emplacement des personnes et des bâtiments en 1953

Pour estimer la perte humaine de 1953 un monde virtuel a dû être créé. L'emplacement des gens et des bâtiments en 1953 a été établi en utilisant des données du recensement de 1951. La population de Canvey Island en 1953 a été estimée à 12 900 personnes. L'événement a eu lieu à 1H00 le dimanche matin. L'hypothèse qui a été utilisée : tous les habitants étaient chez-eux lorsque l'inondation a commencé. La position des bâtiments a été évaluée en utilisant des cartes historiques de l'île qui produites en 1939 et en 1961. La Figure 5 montre une carte de l'île avec toutes les habitations de 1953.

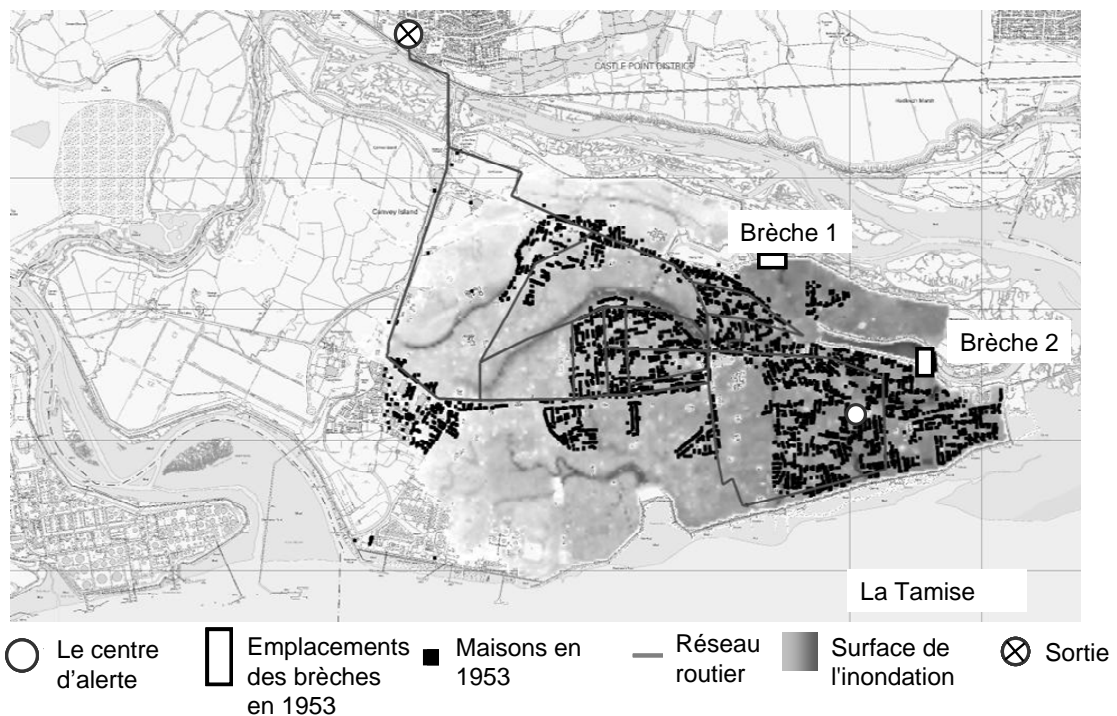


Figure 5 Une carte de Canvey Island en 1953

4.3 Résultats de la modélisation de l'événement de 1953

4.3.1 Introduction

Les résultats de la reconstruction de l'événement 1953 concordent avec les données historiques disponibles. Le nombre de décès dépend en partie des différents paramètres utilisés dans le modèle. Le Life Safety Model estime le nombre de morts entre 50 et 200 personnes. En réalité, ce chiffre est de 58 décès.

4.3.2 Analyse de la sensibilité des pertes humaines aux quelques paramètres

La sensibilité des pertes humaines liée aux paramètres suivants a été étudiée pour les inondations de 1953 sur Canvey Island:

- le paramètre de résistance physique des personnes
- la vitesse de la diffusion des alertes
- la distance que les alertes pourraient voyager entre deux personnes
- le paramètre de résistance physique des personnes.

(i) le paramètre de résistance physique des personnes

Dans le Life Safety Model est défini un paramètre qui s'appelle « la condition physique » qui détermine la résistance physique des personnes dans les eaux. Ce paramètre a été modifié de $\pm 30\%$. Les effets sur le nombre de fatalités est illustré à la Figure 6.

(ii) La vitesse de la diffusion des alertes

Le nombre de décès est affecté par la vitesse à laquelle les alertes sont diffusées et le nombre de centres d'alerte dans le modèle. Pour la modélisation de la crue de 1953, un centre d'alerte a été placé à la station de police. La Figure 7 montre que la vitesse à laquelle l'alerte est transmise affecte les pertes humaines. On observe que plus la vitesse d'alerte augmente plus le nombre de décès diminue jusqu'à atteindre un seuil de mortalité à la vitesse de 0,7 km / h.

(iii) La distance des alertes peut être transmis entre deux personnes

La distance des alertes pouvant être transmis entre deux personnes influe sur les pertes humaines. Ces travaux de recherche ont montré que le nombre de décès liés à la noyade et à l'épuisement ne sont pas aussi sensibles à ce paramètre que les décès liés à l'effondrement de bâtiments. Ceci s'explique par le fait que si la distance des alertes peut être transmis entre deux personnes est petite, les gens ont une tendance à rester chez-eux affectant ainsi le nombre de morts par effondrement des bâtiments. Cette idée est illustrée à la Figure 8.

4.3.3 Estimation de la durée d'une évacuation

Le Life Safety Model peut être utilisé pour évaluer des temps d'évacuation. L'utilisation d'un modèle montre qu'approximativement 89 % de la population en 1953 atteint un refuge à pied en huit heures.

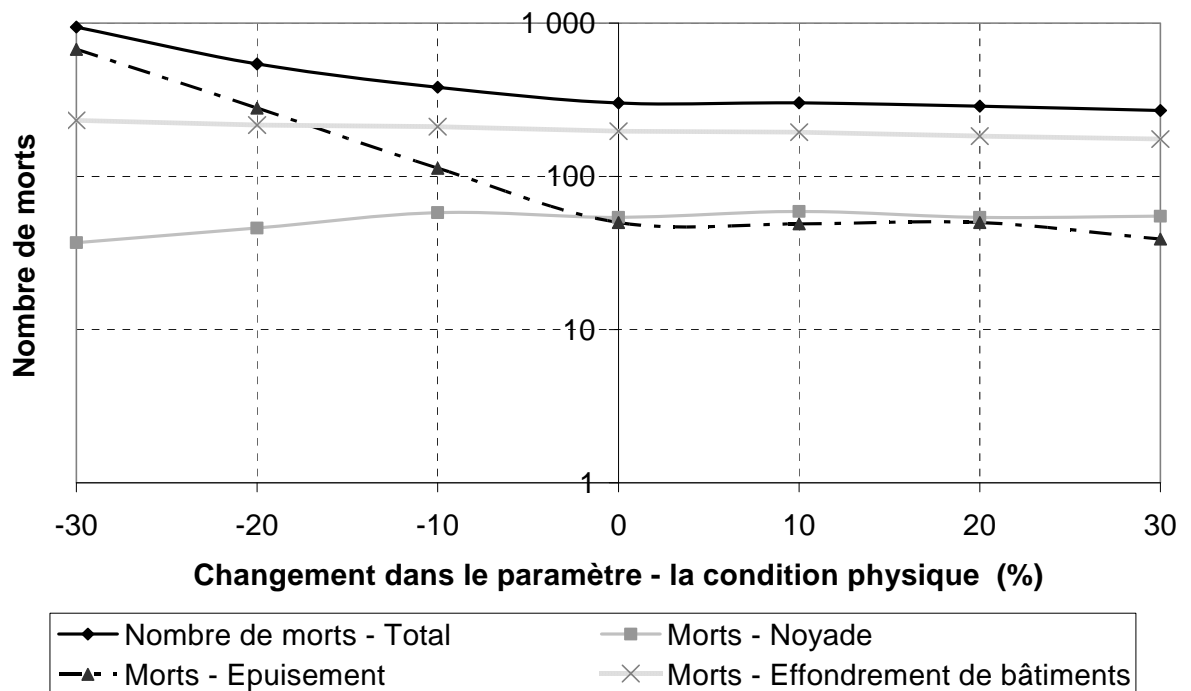


Figure 6 La résistance physique des personnes et le nombre de morts

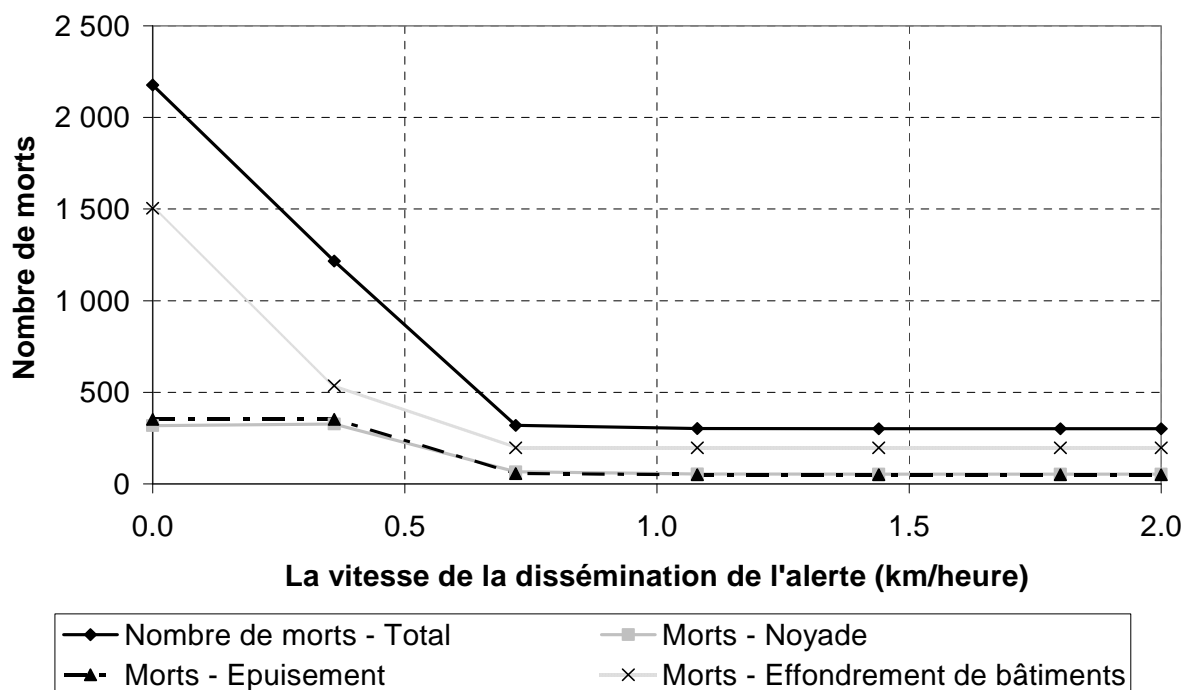


Figure 7 La vitesse de la dissémination de l'alerte et le nombre de morts

5 Conclusions

Aujourd'hui, des problèmes liés aux plans de secours pour les inondations au Royaume-Uni existent. Par exemple, les plans n'identifient pas les voies d'évacuation et les refuges sûrs. Les groupes vulnérables (par exemple les personnes âgées) et les régions vulnérables (par exemple des terrains de camping) ne sont pas identifiés dans les plans. En général, il y a une évaluation

limitée de la durée d'une évacuation et du nombre de personnes risquant de mourir en cas de rupture d'une digue ou d'un barrage.

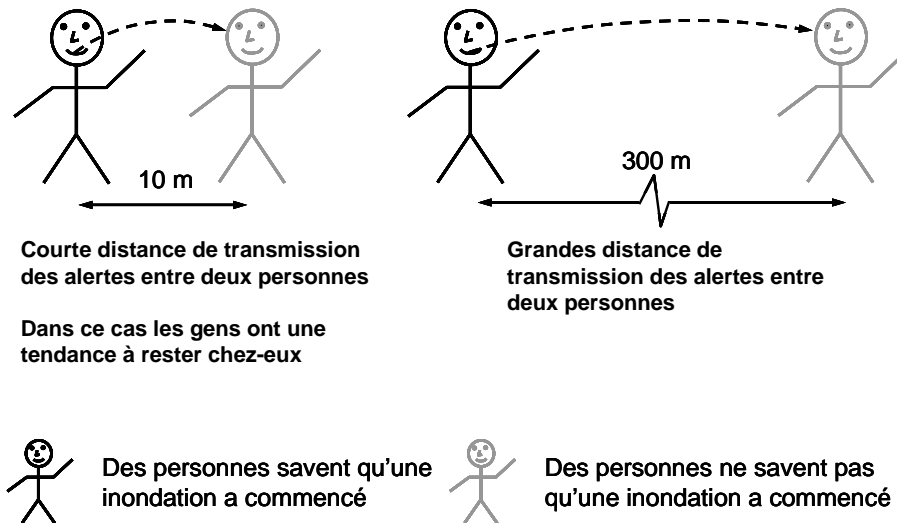


Figure 8 La distance des alertes peut être transmis entre deux personnes

Le « Life Safety Model » repose sur une modélisation et une simulation multi-agents. La recherche a montré qu'une modélisation et une simulation multi-agents fournissent des méthodes scientifiquement robustes pour déterminer le nombre des personnes blessées et mortes lors d'une grande inondation. Les simulations multi-agents fournissent aussi une estimation de la durée d'une évacuation. Enfin le Life Safety Model apparaît suffisamment au point pour aider la planification d'urgence et la gestion des inondations.

6 References

Allen F, Price W, Inglis C, 1954. Model experiments on the storm surge of 1953 in the Thames Estuary and the reduction of future surges. In Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Vol 4 Pt III, pp 48-82.

Johnstone, W. M., Sakamoto, D., Assaf, H., Bourban, S., 2005. Architecture, modelling framework and validation of BC Hydro's virtual reality life safety model. ISSH, Stochastic Hydraulics 23-24

Lumbroso, D. M., Di Mauro, M. 2008 Recent developments in loss of life and evacuation modelling for flood event management in the UK. In Flood Recovery, Innovation and Response, ed. D. B. Proverbs, C.A. and Penning-Roswell E., 263-272. WITpress

NOTES

NOTES



Fluid thinking...smart solutions

HR Wallingford provides world-leading analysis, advice and support in engineering and environmental hydraulics, and in the management of water and the water environment. Created as the Hydraulics Research Station of the UK Government in 1947, the Company became a private entity in 1982, and has since operated as a independent, non profit distributing firm committed to building knowledge and solving problems, expertly and appropriately.

Today, HR Wallingford has a 50 year track record of achievement in applied research and consultancy, and a unique mix of know-how, assets and facilities, including state of the art physical modelling laboratories, a full range of computational modelling tools, and above all, expert staff with world-renowned skills and experience.

The Company has a pedigree of excellence and a tradition of innovation, which it sustains by re-investing profits from operations into programmes of strategic research and development designed to keep it – and its clients and partners – at the leading edge.

Headquartered in the UK, HR Wallingford reaches clients and partners globally through a network of offices, agents and alliances around the world.



HR Wallingford Ltd
Howbery Park
Wallingford
Oxfordshire OX10 8BA
UK

tel +44 (0)1491 835381
fax +44 (0)1491 832233
email info@hrwallingford.co.uk

www.hrwallingford.co.uk